ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00230v1

不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡生长性能、酮体组成和血清生化指标的影响

马友彪[1] 周建民[1] 张海军[1*] 王 晶[1] 武书庚[1*] 齐广海[1] 刘建忠[2] 吕 亮[2]

（1.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点开放实验室，北京 100081；

2.路德生物环保技术（古蔺）有限公司，泸州 646509）

摘 要：本试验旨在探究不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡生长性能、胴体组成和血清生化指标的影响。选用 350 只 1 日龄爱拔益加健康公雏，随机分为 5 个组，分别为：Ⅰ组（基础饲粮，对照组）、Ⅱ组（基础饲粮+0.5%白酒糟酵母培养物）、Ⅲ组（基础饲粮+1.0%白酒糟酵母培养物）、Ⅳ组（基础饲粮降低 0.21 MJ/kg 代谢能+0.5%白酒糟酵母培养物）和Ⅴ组（基础饲粮降低 0.42 MJ/kg 代谢能+1.0%白酒糟酵母培养物），每组 7 个重复，每个重复 10 只鸡。试验期 42 d。结果显示：1）21 日龄肉仔鸡平均体重以对照组最低，其他各组略有升高，Ⅲ组升高趋势明显（P<0.10）。与对照组相比，Ⅱ组和Ⅳ组肉仔鸡 22~42 日龄料重比有所改善（P<0.10），Ⅱ组料重比在 1~42 日龄低于对照组（P>0.05）。2）与对照组比，Ⅳ组肉仔鸡 21 日龄腹脂率显著降低（P<0.05），Ⅴ组肉仔鸡腹脂率在 21 日龄和 42 日龄有降低的趋势（P>0.05）。3）饲粮添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清总蛋白、白蛋白、尿酸、肌酐、钙和磷含量影响均不显著（P>0.05）。4）21 日龄时，对照组肉仔鸡血清谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性最低，且显著低于Ⅱ组和Ⅳ组（P<0.05）；各试验组肉仔鸡血清超氧化物歧化酶活性显著高于对照组（P<0.05），Ⅱ组和Ⅳ组肉仔鸡血清总抗氧化能力（T-AOC）显著高于对照组(P<0.05)。42 日龄时，各试验组肉仔鸡血清 T-AOC 均显著高于对照组（P<0.05）。综上，不同能量水平饲粮中添加 0.05%~0.10%白酒糟酵母培养物可提高肉仔鸡体增重，改善料重比，降低腹脂率，提高血清抗氧化能力。

关键词：能量；白酒糟酵母培养物；生长性能；酮体组成；抗氧化能力；肉仔鸡

中图分类号：S816.7

当前，寻找新的绿色饲料添加剂替代或减少抗生素的使用已成为动物营养和饲料领域研究的热点之一。酵母培养物的开发和利用为安全健康畜牧生产提供了新的途径。白酒糟酵母

收稿日期：2017－06－18

基金项目：现代农业产业技术体系（CARS-41-K13）；家禽产业技术体系北京市创新团队项目（CARS-PSTP）

作者简介：马友彪（1989－），男，山东济宁人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: myb0514@126.com

*通信作者：张海军，副研究员，硕士生导师，E-mail: fowlfeed@163.com；武书庚，研究员，硕士生导师，E-mail: wushugeng@caas.cn

培养物是在白酒糟上接种酵母菌，经过固体高密度培养、可控自溶、小肽富集和低温干燥等工艺生产的一种新型具有保健作用的酵母培养物。白酒糟酵母培养物成分丰富，不仅含有蛋白质、氨基酸、寡糖、维生素等营养素，还含有对畜禽生长有益的多肽、消化酶和未知生长因子等。酵母培养物已在猪[1]、牛[2]、羊[3]、产蛋鸡[4]、肉鸡[5]等动物中得到广泛应用，其可提高饲用动物的健康状况，增强抗应激能力，改善生产性能。作为新型酵母培养物，白酒糟酵母培养物对肉仔鸡生长性能及机体健康的影响目前尚无系统地研究。尤其是因白酒糟酵母培养物中含有多种消化酶和活性成分，能促进动物对营养物质的消化吸收，在降低能量水平的饲粮中添加白酒糟酵母培养物能否对肉仔鸡生长发育具有促进作用未见报道，其对饲粮节省代谢能的空间也尚不清楚。因此，本研究以快速生长的白羽肉仔鸡为试验动物，系统研究实际生产条件下，白酒糟酵母培养物对肉仔鸡生长性能、胴体品质及血清生化指标等的影响，并进一步检验其在低代谢能饲粮中使用的效果，验证白酒糟酵母培养物对肉仔鸡的促生长作用及对机体健康的影响，为白酒糟酵母培养物应用于肉仔鸡实际生产中提供技术依据和支撑。

1 材料与方法

1.1 试剂与材料

白酒糟酵母培养物由路德生物环保技术（古蔺）有限公司提供，其中营养成分（实测值）：粗蛋白质含量为24.80%，粗脂肪含量为5.85%，粗纤维含量为13.91%，粗灰分含量为9.15%，水分含量为10.60%，β–葡聚糖含量为2.20%，甘露聚糖含量为2.80%，禽表观代谢能为10.82 MJ/kg。

1.2 试验设计与试验饲粮

采用单因子随机试验设计，选取健康爱拔益加肉仔鸡公雏 350 只，随机分成 5 个组，分别为 I 组（基础饲粮，对照组）、II 组（基础饲粮+0.5%白酒糟酵母培养物）、III组（基础饲粮+1.0%白酒糟酵母培养物）、IV组（基础饲粮降低 0.21 MJ/kg 代谢能+0.5%白酒糟酵母培养物）和V组（基础饲粮降低 0.42 MJ/kg 代谢能+1.0%白酒糟酵母培养物），每组 7 个重复，每个重复 10 只鸡，试验设计见表 1。饲粮配制参照中华人民共和国农业行业标准(NY/T 33—2004)《鸡饲养标准》配制，饲粮组成及营养水平见表 2。

表 1　试验设计

Table 1　The design of this experiment

组别	1~21 日龄 1 to 21 days of age		22~42 日龄 22 to 42 days of age	
Groups	代谢能	白酒糟酵母培养物 Yeast	代谢能	白酒糟酵母培养物 Yeast

chinaXiv:201812.00230v1

ChinaXiv合作期刊

	ME/(MJ/kg)	culture of white distiller's grains/%	ME/(MJ/kg)	culture of white distiller's grains/%
Ⅰ	12.35		12.77	
Ⅱ	12.35	0.5	12.77	0.5
Ⅲ	12.35	1.0	12.77	1.0
Ⅳ	12.14	0.5	12.56	0.5
Ⅴ	11.93	1.0	12.35	1.0

表 2　饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content									
	1～21 日龄 1 to 21 days of age					22~42 日龄 22 to 42 days of age				
	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ	Ⅳ组 Group Ⅳ	Ⅴ组 Group Ⅴ	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ	Ⅳ组 Group Ⅳ	Ⅴ组 Group Ⅴ
原料 Ingredients										
玉米 Corn	56.410	56.110	55.790	57.080	57.400	60.120	59.760	59.350	60.970	61.735
豆粕 Soybean meal	32.500	32.300	32.120	32.200	32.200	27.350	27.210	27.120	26.880	26.500
菜籽粕 Rapeseed meal	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
棉籽粕 Cottonseed meal	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
豆油 Soybean oil	2.930	2.930	2.930	2.060	1.250	3.780	3.780	3.780	2.890	2.000
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.910	1.910	1.910	1.910	1.900	1.640	1.640	1.640	1.640	1.630
石粉 Limestone	1.230	1.230	1.230	1.222	1.220	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140
食盐 NaCl	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
DL–蛋氨酸 *DL*-Met	0.220	0.220	0.220	0.221	0.220	0.130	0.130	0.130	0.134	0.136
L–赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl	0.140	0.140	0.140	0.142	0.150	0.160	0.160	0.160	0.163	0.172
苏氨酸 Thr	0.040	0.040	0.040	0.045	0.040	0.060	0.060	0.060	0.063	0.067
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
矿物质预混料 Mineral	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

chinaXiv:201812.00230v1

premix[2)]										
氯化胆碱 Choline chloride	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
白酒糟酵母培养物 Yeast culture of white distiller's grains		0.500	1.000	0.500	1.000		0.500	1.000	0.500	1.000
合计 Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
营养水平 Nutrient levels[3)]										
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.35	12.35	12.35	12.14	11.93	12.77	12.77	12.77	12.56	12.35
粗蛋白质 CP	22.00	22.00	22.00	21.98	22.05	20.15	20.15	20.15	20.15	20.15
钙 Ca	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
有效磷 AP	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
赖氨酸 Lys	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
蛋氨酸 Met	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
苏氨酸 Thr	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
色氨酸 Try	0.24	0.24	0.24	0.22	0.22	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

[1)] 维生素预混料为每千克饲粮提供Vitamin premix provided the following per kg of diets：VA 12 500 IU，VD_3 2 500 IU，VE 15 IU，VK_3 2.65 mg，VB_1 2 mg，VB_2 6 mg，VB_{12} 0.025 mg，吡哆醇 pyridoxine 8 mg，生物素 biotin 0.35 mg，叶酸 folic acid 1.25 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 12 mg，烟酸 niacin 50 mg。

[2)] 矿物质预混料为每千克饲粮提供Mineral premix provided the following per kg of diets：Cu (as copper sulfate) 8 mg，Zn (as zinc sulfate) 75 mg，Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Mn (as manganese sulfate) 100 mg，Se (as sodium selenite) 0.15 mg，I (as potassium iodide) 0.35 mg。

[3)] 营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3 饲养管理

试验鸡采用 4 层笼养（90 cm × 90 cm × 40 cm），乳头式饮水器，自由采食、饮水。育雏期前 3 d 室温 35 ℃，以后每周下降 3 ℃直至 24 ℃恒温；1~42 日龄持续 24 h 光照（15~20 lx）。试验过程中，严格按照饲养管理规程操作，常规程序免疫接种。

1.4 指标测定

1.4.1 生长性能

试验第 21 天和第 42 天，以重复为单位，空腹称重鸡只，计算平均体重、平均日增重

chinaXiv:201812.00230v1

（ADG）；试验期间以重复为单位，记录耗料量，计算试验前期（1~21 日龄）、后期（22~42 日龄）、全期（1~42 日龄）的平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）；每天记录死亡只数，计算死亡率。

1.4.2　胴体组成

分别于试验第 21 天和第 42 天，每重复随机选取接近该重复平均体重的 1 只肉仔鸡屠宰，分离胸肌、腿肌和腹脂，按全国家禽育种委员会的“家禽生产性能计算方法”来计算全净膛率、胸肌率、腿肌率和腹脂率。具体计算公式如下：

全净膛率（%）=100×全净膛重/宰前体重；

胸肌率（%）=100×胸肌重/全净膛重；

腿肌率（%）=100×腿肌重/全净膛重；

腹脂率（‰）=1000×腹脂重/（全净膛重+腹脂重）。

式中，宰前体重指在屠宰前停饲 12 h 后的重量。

1.4.3　肉品质

试验第 42 天，每重复选取 1 只体重接近该重复均重肉仔鸡屠宰，剥离左侧胸肌测定肉品质（pH、滴水损失、蒸煮损失和剪切力）。肉品质各指标测定方法参照马友彪等[6]的方法。

1.4.4　血清生化指标

试验第 21 天和第 42 天，每重复选取 1 只体重接近该重复均重的肉仔鸡，翅静脉采血 5 mL，3 000 r/min 离心 10 min 制备血清，上清液分装于 1.5 mL 离心管中，－20 ℃冷冻贮存。血清总蛋白（TP）含量采用双缩脲法测定，血清白蛋白（ALB）含量采用溴甲酚绿法测定，血清尿酸（UA）含量采用尿酸酶–过氧化物酶偶联法测定，血清肌酐（CREA）含量采用苦味酸比色法测定，血清钙（Ca）含量采用邻甲酚酞络合铜比色法测定，血清磷（P）含量采用硫酸亚铁磷钼酸比色法测定。试剂盒购自南京建成生物工程研究所，在 CHEM–5 型半自动生化分析仪上测定。

血清抗氧化指标：比色法测定血清中谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性和总抗氧化能力（T-AOC），黄嘌呤氧化酶法测定超氧化物歧化酶（SOD）活性，硫代巴比妥酸法测定丙二醛（MDA）含量。测定采用南京建成生物工程研究所试剂盒，按照试剂盒说明操作。

1.5　数据分析

数据经 Excel 2016 处理，采用 SPSS 16.0 的 one-way ANONA 进行方差分析并采用 Duncan 氏法进行多重比较，$P<0.05$ 为差异显著，结果以平均值±标准差表示。

2　结果与分析

chinaXiv:201812.00230v1

2.1 不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡生长性能的影响

如表 3 所示，不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物未显著影响肉仔鸡 21 日龄和 42 日龄体重(P>0.05)；肉仔鸡 21 日龄体重以对照组（Ⅰ组）最低，其他各组略有升高(P>0.05)；与对照组比，Ⅲ组肉仔鸡 21 日龄体重升高趋势明显(P<0.10)。各组 ADG 和 ADFI 在各生长期无显著差异(P>0.05)。与对照组比，Ⅱ组和Ⅳ组肉仔鸡 22~42 日龄 F/G 有所降低(P<0.10)。对死亡率而言，Ⅱ组在各生长期均为最低，但各组间均无显著差异(P>0.05)。

表 3　不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡生长性能的影响

Table 3　Effects of dietary yeast culture of white distiller's grains in different energy level diets on growth performance of broilers

项目 Items	组别 Groups Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	P 值 P-value
21 日龄体重 BW of 21 days of age/g	877.57±14.17	888.17±16.02	899.86±13.45	881.17±17.29	879.00±18.56	0.15
42 日龄体重 BW of 42 days of age/g	2 832.65±52.81	2 821.29±93.97	2 851.69±135.85	2 832.81±129.68	2 866.89±64.43	0.98
1~21 日龄 1 to 21 days of age						
平均日增重 ADG/g	39.33±1.91	40.01±0.76	40.50±1.24	39.40±1.28	39.38±0.78	0.58
平均日采食量 ADFI/g	51.80±2.32	53.14±1.40	54.55±2.90	53.24±2.85	52.38±3.45	0.61
料重比 F/G	1.31±0.02	1.33±0.03	1.35±0.06	1.35±0.12	1.33±0.10	0.85
死亡率 Mortality/%	5.71±7.86	1.43±3.78	2.86±4.88	1.43±3.78	1.43±3.78	0.95
22~42 日龄 22 to 42 days of age						
平均日增重 ADG/g	93.05±2.95	92.04±8.22	92.94±8.00	92.40±11.28	94.69±3.18	0.28
平均日采食量 ADFI/g	185.09±23.31	174.41±4.53	180.78±3.10	175.55±9.96	183.87±7.86	0.22
料重比 F/G	1.99±0.24	1.89±0.22	1.95±0.17	1.90±0.13	1.94±0.12	0.12
死亡率 Mortality/%	2.86±7.56	1.43±3.78	2.86±7.56	2.86±4.88	5.71±7.87	0.25
1~42 日龄 1 to 42 days of age						

chinaXiv:201812.00230v1

平均日增重 ADG/g	66.15±2.26	66.03±3.24	66.75±3.92	66.30±1.80	67.10±2.45	0.54
平均日采食量 ADFI/g	119.22±5.08	113.16±2.32	116.07±5.35	114.74±4.92	117.51±1.98	0.27
料重比 F/G	1.80±0.13	1.71±0.07	1.74±0.09	1.73±0.02	1.75±0.05	0.41
死亡率 Mortality/%	8.57±15.42	2.86±4.88	5.72±7.87	4.29±6.90	7.14±7.87	0.13

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同字母或者无字母标表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡胴体组成及肉品质的影响

如表 4 所示，各组肉仔鸡 21 日龄的腹脂率差异显著(P<0.05)，其他胴体指标均未见显著变化(P>0.05)。与对照组比，21 日龄时，Ⅳ组肉仔鸡腹脂率显著降低(P<0.05)；Ⅴ组肉仔鸡腹脂率在 21 日龄和 42 日龄呈降低趋势，但未达到统计学显著水平(P>0.05)。与对照组相比，饲粮添加白酒糟酵母培养物对肉品质各项指标（pH、滴水损失、蒸煮损失和剪切力）未见显著影响(P>0.05)。

表 4 不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡胴体组成及肉品质的影响

Table 4 Effects of dietary yeast culture of white distiller's grains in different energy level diets on carcass composition and meat quality of broilers

项目	组别 Groups					P 值
Items	I	II	III	Ⅳ	V	P-value
21 日龄 21 days of age						
全净膛率 Dressing percentage/%	71.69±3.34	72.3±5.94	71.16±5.64	72.30±5.08	70.77±6.59	0.98
胸肌率 Breast muscle rate/%	21.76±1.74	21.34±1.03	21.72±1.34	21.92±1.62	21.38±1.93	0.94
腿肌率 Leg muscle rate/%	17.83±1.55	18.84±1.26	18.42±1.96	18.76±1.25	18.63±1.19	0.71
腹脂率 Abdominal fat rate/‰	15.17±2.85^{a}	15.16±3.16^{a}	14.58±2.11^{a}	11.43±0.98^{b}	12.20±1.95^{ab}	0.02
42 日龄 42 days of age						
全净膛率 Dressing percentage/%	68.02±1.51	67.25±1.18	68.78±1.14	68.37±2.37	67.99±1.36	0.48
胸肌率 Breast muscle rate/%	30.82±2.05	31.62±2.15	29.67±2.50	31.53±2.97	31.50±2.23	0.51

chinaXiv:201812.00230v1

腿肌率 Leg muscle rate/%	22.07±1.60	24.13±1.56	22.26±1.95	23.38±2.06	22.45±0.97	0.12
腹脂率 Abdominal fat rate/‰	20.34±2.51	19.89±3.89	18.68±3.21	18.66±3.59	19.10±2.35	0.09
42 日龄肉品质 Meat quality of 42 days of age						
$pH_{45\ min}$	6.37±0.20	6.34±0.20	6.34±0.27	6.28±0.18	6.36±0.14	0.93
$pH_{24\ h}$	5.92±0.06	5.88±0.18	5.90±0.14	5.98±0.33	5.91±0.10	0.89
ΔpH	0.46±0.19	0.46±0.11	0.34±0.15	0.40±0.18	0.44±0.22	0.69
滴水损失 Drip loss/%	7.21±1.58	6.74±2.06	7.89±1.44	7.20±2.47	7.08±0.55	0.84
蒸煮损失 Cooking loss/%	7.42±1.61	6.81±1.11	7.32±2.13	7.80±1.05	7.36±2.18	0.90
剪切力 Shear force/N	19.36±5.46	18.51±2.13	19.72±3.97	17.61±3.79	20.81±5.80	0.73

chinaXiv:201812.00230v1

2.3 不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清生化指标的影响

如表 5 所示，饲粮添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清总蛋白、白蛋白、尿酸、肌酐、钙和磷含量影响均不显著(P>0.05)。21 日龄时，III组和 V 组肉仔鸡血清总蛋白含量较对照组有提高的趋势(P<0.10)。对照组肉仔鸡 21 日龄血清钙含量和 42 日龄血清磷含量最低，V 组最高，但组间差异不显著(P>0.05)。

表 5 不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清生化指标的影响

Table 5 Effects of dietary yeast culture of white distiller's grains in different energy level diets on serum biochemical indices of broilers

项目 Items	日龄 Day of age	组别 Groups					*P* 值 *P*-value
		I	II	III	IV	V	
总蛋白	21	17.89±4.81	19.55±4.97	21.88±5.90	18.71±3.53	20.87±6.13	0.09
TP/(g/L)	42	25.24±4.67	25.19±6.66	23.86±4.99	25.07±4.19	28.35±8.27	0.69
白蛋白	21	12.26±1.71	13.21±2.26	13.15±1.18	14.17±2.28	13.45±1.72	0.38
ALB/(g/L)	42	14.44±1.28	14.31±2.07	13.93±1.81	13.76±1.83	14.70±2.25	0.87
尿酸	21	356.11±112.32	323.29±143.90	361.43±171.71	296.14±49.54	313.43±58.76	0.52
UA/(μmol/L)	42	144.33±58.62	145.57±48.79	148.43±48.17	168.43±61.78	161.86±67.42	0.90
肌酐	21	9.52±4.44	14.24±7.63	11.41±6.07	13.97±9.80	15.28±8.49	0.58
CREA/(μmol/L)	42	11.21±8.06	11.36±8.90	10.99±7.95	14.96±12.15	16.59±10.05	0.71

钙	21	1.88±0.32	1.95±0.16	2.09±0.28	2.09±0.27	2.13±0.23	0.13
Ca/(mmol/L)	42	2.15±0.20	2.14±0.31	2.17±0.19	2.21±0.14	2.26±0.31	0.86
磷	21	1.58±0.16	1.81±0.37	1.65±0.17	1.61±0.36	1.66±0.21	0.60
P/(mmol/L)	42	1.83±0.37	1.98±0.60	2.01±0.42	2.13±0.50	2.23±0.55	0.12

2.4　不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清抗氧化指标的影响

如表 6 所示，各组间肉仔鸡血清抗氧化指标差异较大。21 日龄时，对照组肉仔鸡血清 GSH-Px 活性最低，显著低于 II 组和Ⅳ组(P<0.05)；42 日龄时，各组间肉仔鸡血清 GSH-Px 活性差异不显著(P>0.05)。21 日龄时，各试验组肉仔鸡血清 SOD 活性均显著高于对照组(P<0.05)，其中Ⅳ组最高；42 日龄时，各组间肉仔鸡血清 SOD 活性差异不显著(P>0.05)。21 日龄时，与对照组相比，II 组和Ⅳ组肉仔鸡血清 T-AOC 显著提高(P<0.05)；42 日龄时，试验组肉仔鸡血清 T-AOC 均显著高于对照组(P<0.05)。各组肉仔鸡血清 MDA 含量差异不显著(P>0.05)。

表 6　不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清抗氧化指标的影响

Table 6　Effects of dietary yeast culture of white distiller's grains in different energy level diets on serum antioxidant indices of broilers

项目 Items	日龄 Day of age	组别 Groups					*P* 值 *P*-value
		I	II	III	Ⅳ	V	
谷胱甘肽过氧化物酶	21	627.54±37.76[b]	718.54±87.07[a]	671.50±30.12[ab]	692.65±17.53[a]	671.14±44.66[ab]	0.03
GSH-Px/（U/mL）	42	705.77±56.66	680.33±11.94	675.60±31.07	724.06±708.63	672.92±35.69	0.16
超氧化物岐化酶	21	57.82±3.65[c]	70.39±3.19[ab]	67.22±4.12[b]	76.06±1.80[a]	65.91±4.76[b]	<0.01
SOD/（U/mL）	42	68.87±3.07	71.15±3.90	70.32±4.48	76.96±4.52	70.57±3.91	0.45
丙二醛	21	4.09±0.25	3.62±0.60	3.25±0.35	3.77±0.78	3.46±0.50	0.14
MDA/（nmol/mL）	42	3.47±0.21	3.31±0.31	3.49±0.48	3.33±0.14	3.60±0.27	0.67
总抗氧化能力	21	7.57±0.92[c]	9.09±0.24[a]	7.63±0.55[c]	8.42±0.68[b]	8.13±0.54[bc]	<0.01
T-AOC/（U/mL）	42	7.01±0.29[c]	7.65±0.24[b]	7.62±0.57[b]	8.90±0.37[a]	7.75±0.80[b]	0.01

3　讨　论

3.1　不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡生长性能的影响

酵母培养物主要由酵母细胞代谢产物和经过发酵后的培养基构成，是一种绿色无污染的

chinaXiv:201812.00230v1

新型微生态添加剂，可改善饲料的适口性和消化率，提高动物免疫力，促进动物健康生长。武书庚等[7]研究表明，产蛋鸡饲粮中添加酵母培养物可提高产蛋率和平均蛋重，改善料蛋比，降低死淘率。海兰褐蛋用公雏鸡饲粮补充 2.5%和 5.0%的酵母培养物可提高雏鸡的 ADG，显著降低 F/G，提高成活率[8]。肖曼[9]研究表明，酵母培养物显著提高肉仔鸡 ADG 和 ADFI，0.15%和 0.20%酵母培养物提高了肠道绒毛高度，并降低了隐窝深度。与以上研究结果基本一致，本研究表明，饲粮添加 0.5%和 1.0%白酒糟酵母培养物均可提高肉仔鸡体增重，改善饲料转化效率，低能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物也具有改善生长性能的作用，获得正常营养水平饲粮相当的饲喂效果，提示在低能量肉鸡饲粮中补充 0.5%~1.0%白酒糟酵母培养物具有潜在的应用价值。关于白酒糟酵母培养物的促生长作用的机理尚不清楚，结合本试验结果和前人的研究报道，可能是由于酵母培养物中含有维生素、矿物质、有机酸、小肽和寡糖等营养成分，这使其为家禽提供所需的营养素的同时，对肠道内微生物起到营养作用，调节肠道微生物平衡。酵母培养物中的活性酵母通过对肠道内氧气的消耗，促进厌氧微生物的生长，此外氧气的消耗可以减少自由基的产生，缓解活性氧对机体造成的损伤，从而维护肠道黏膜结构完整性，促进肉鸡的生长发育[10]。然而酵母培养物成分复杂，发挥功能的主要活性成分有哪些，它们之间存在怎样的协同作用尚未可知，有待进一步探索。本研究中，所有试验鸡只健康状况良好，无发病症状，白酒糟酵母培养物组肉仔鸡死亡率降低，与郭伶等[5]得出的结论一致，证实了白酒糟酵母培养物可增强肉仔鸡体质和抗应激能力。

3.2　不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡胴体组成及肉品质的影响

目前，国内外有关酵母培养物对家禽胴体组成和肌肉品质影响方面缺少详细的研究报道。本试验中，白酒糟酵母培养物对肉仔鸡对全净膛率、胸肌率和腿肌率均没有显著影响，表明其对肉仔鸡肌肉产量方面没有特殊的作用。前期低能添加白酒糟酵母培养物组的腹脂率显著低于高能组，后期各白酒糟酵母培养物组腹脂率均低于对照组，这与前期研究表明酵母培养物降低肉仔鸡血液中的甘油三酯和低密度脂蛋白的含量[9]一致，表明白酒糟酵母培养物可能对肉仔鸡体内的脂质代谢具有调节作用。pH、系水力和剪切力是评定肌肉品质的重要指标，可一定程度上反映肌肉的滋味、嫩度、色泽和营养成分等食用品质。于素红[10]研究结果表明，酵母培养物可降低肉仔鸡肌肉的剪切力和滴水损失，具有改善肉品质的效果。然而本研究中，饲粮添加白酒糟酵母培养物未见显著影响肉仔鸡上市日龄时的胸肌 pH、滴水损失、蒸煮损失和剪切力。本试验条件下，白酒糟酵母培养物不会影响肉仔鸡的肌肉品质，与动物生理状态、饲粮营养水平和诸多环境因素有关。因此，在不同条件下白酒糟酵母培养物对肉品质的影响还有待进一步研究。

chinaXiv:201812.00230v1

chinaXiv:201812.00230v1

3.3 不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清生化指标的影响

本试验中，各组间肉仔鸡血清总蛋白、白蛋白、尿酸和肌酐含量未见显著变化，表明白酒糟酵母培养物不影响肉仔鸡生长发育阶段的蛋白质代谢状况。白酒糟酵母培养物组肉仔鸡血清总蛋白含量略有升高，与前人研究表明酵母培养物显著提高肉仔鸡血清总蛋白含量[8]相类似。血清钙和磷含量能在一定程度上反映机体钙和磷的营养状况。本试验中，各试验组血清钙含量较对照组无显著差异，白酒糟酵母培养物提高了血清磷含量。与本研究一致，刘观忠等[11]报道酵母培养物可增加蛋雏鸡血清磷含量，但未增加血清钙。此外，另有研究表明饲粮中添加酵母培养物增加了磷的表观消化率达11.4~16.8%[12]，酵母培养物显著降低了19日龄肉仔鸡粪便中氮和磷残留率[13]。归其原因可能是酵母培养物含有较高的植酸酶活性，可改善家禽对植酸磷的利用率。可见，饲粮添加酵母培养物可提高营养物质消化率，降低排泄物中磷含量，有利于环境保护。

3.4 不同能量水平饲粮中添加白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清抗氧化指标的影响

GSH-Px是机体内广泛存在的催化过氧化氢分解的酶，它特异的催化还原型谷胱甘肽对过氧化氢的还原反应，起到保护细胞膜结构和功能完整的作用；SOD能催化超氧阴离子的歧化变为过氧化氢，并制止自由基的生成；MDA是脂质过氧化的产物，常用来作为反映氧化应激的生物指标；T-AOC是衡量机体抗氧化能力的综合性指标。酵母培养物是一类复杂的发酵产物，具有提高机体抗氧化酶活性的作用，能够有效清除自由基，减少活性氧对机体造成的损伤[9]。有研究表明，饲粮中添加酵母培养物提高了肉仔鸡血清SOD活性[11,14]；类似地，添加酵母细胞或酵母细胞壁可提高肌肉中的抗氧化性能[15]。本试验中，饲粮中添加白酒糟酵母培养物显著提高了肉仔鸡血清中GSH-Px、SOD活性和T-AOC，证实了白酒糟酵母培养物可提升机体抗氧化能力，与前述研究相符。酵母培养物发挥抗氧化作用可能与其富含维生素C、维生素E、铜、锰、锌、硒和其他未知生子因子等多种营养物质有关。甘露寡聚糖可使猪、鸡血液SOD和GSH-Px活性极显著提高[16]，白酒糟酵母培养物中富含2.8%的甘露寡聚糖，其抗氧化作用可能与含有的甘露寡聚糖有关，这有待进一步证实。此外，酵母培养物对肉仔鸡的抗氧化性能与其日龄有一定的关系，本试验中，白酒糟酵母培养物对肉仔鸡血清中抗氧化指标的影响，主要在21日龄，42日龄的影响明显减弱。这可能是由于在雏鸡阶段，肉鸡心血管、消化和免疫系统尚未发育完善，抵抗氧化应激的能力弱，白酒糟酵母培养物的添加能够调节机体的氧化还原状态，而成鸡抗应激能力强，白酒糟酵母培养物的添加表现不出显著的效果。

4 结　论

饲粮添加 0.5%~1.0%白酒糟酵母培养物与降能饲粮添加均可提高肉仔鸡体增重，降低料

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201812.00230v1

重比，降低腹脂率，显著改善肉仔鸡血清中抗氧化能力。

参考文献：

[1] 路则庆,熊海涛,宋德广,等.大麦–高粱型饲粮中添加酵母培养物对肥育猪生长性能及肉品质的影响[J].动物营养学报,2016,28(4):1160–1167.

[2] 王玲,刘开东,吕永艳,等.半胱胺和酵母培养物添加量对奶牛产奶性能及氮排泄的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2832–2840.

[3] WANG L Z,WANG Z S,ZOU H W,et al.Yeast culture and vitamin E supplementation alleviates heat stress in dairy goats[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2016,29(6):814–822.

[4] 马友彪,周建民,张海军,等.白酒糟酵母培养物对产蛋鸡生产性能、免疫机能和肠黏膜结构的影响[J].动物营养学报,2017,29(3):890–897.

[5] 郭伶,张利勃.酵母培养物对肉仔鸡肠道大肠杆菌及血液生化指标的影响[J].中国家禽,2014,36(12):19–22.

[6] 马友彪,周梁,王晶,等.胚蛋给养β–羟基–β–甲基丁酸对肉仔鸡生长性能、胴体组成和血浆激素指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(2):588–595.

[7] 武书庚,刘质彬,齐广海,等.酵母培养物对产蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J].动物营养学报,2010,22(2):365–371.

[8] 张连忠.酵母培养物对雏鸡生长性能、免疫器官发育和血清相关激素的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(4):33–37.

[9] 肖曼.酵母培养物对肉仔鸡生产性能、营养物质利用率及肠道相关指标的影响[D].硕士学位论文.湛江:广东海洋大学,2013:24–25.

[10] 于素红.酵母培养物对肉仔鸡生产性能的影响及代谢机理研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2008:30–31.

[11] 刘观忠,安胜英,姜国均,等.酵母培养物对蛋雏鸡肠壁结构及免疫机能的影响[J].中国畜牧兽医,2005,32(2):10–12.

[12] 高俊.酵母培养物对肉仔鸡的作用及其机理[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2008:31–32.

[13] 廖瑞波,闫海洁,刘国华,等.不同类型饲粮和添加剂对肉仔鸡生长性能、肠道结构和功能的影响[J].动物营养学报,2016,28(10):3225–3237.

[14] 周淑芹,孙文志.酵母培养物对肉鸡机体抗氧化和胆固醇代谢的影响[J].中国畜牧兽

ChinaXiv合作期刊

医,2009,36(10):21–24.

[15] ZHANG A W,LEE B D,LEE S K,et al.Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance,meat quality,and ileal mucosa development of broiler chicks[J].Poultry Science,2005,84(7):1015–1021.

[16] 周伦江,邵良平,李国平,等.甘露寡聚糖和粪链球菌对雏鸡和哺乳仔猪血液 SOD 和 GSH-Px 活性的影响[J].福建农林大学学报:自然版,1999,28(2):200–203.

Effects of Dietary Yeast Culture of White Distiller's Grains in Different Energy Level Diets on Growth Performance, Carcass Composition and Serum Biochemical Indices of Broilers

MA Youbiao[1] ZHOU Jianmin[1] ZHANG Haijun[1*] WANG Jing[1] WU Shugeng[1*] QI Guanghai[1] LIU Jianzhong[2] LYU Liang[2]

(1. *Feed Research Institute, The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Beijing* 100081, *China*; 2. *LOAD Biological Environmental Technology Co., Ltd., Luzhou* 646509, *China*)

Abstract: The objective of the current study was to investigate the effects of yeast culture of white distiller's grains added in different energy level diets on growth performance, carcass composition and serum biochemical indices of broilers. A total of 350 one-day-old male Arbor Acres (AA) broiler chickens were randomly allotted into 5 groups with 7 replicates of 10 birds each. Chickens in 5 groups were fed a basal diet (group Ⅰ, control), the basal diet supplemented with 0.5% yeast culture of white distiller’s grains (group Ⅱ), the basal diet supplemented with 1% yeast culture of white distiller’s grains (group Ⅲ), the reduced 0.21 MJ/kg metabolizable energy basal diets supplemented with 0.5% yeast culture of white distiller’s grains (group Ⅳ), and a reduced 0.42 MJ/kg metabolizable energy basal diets supplemented with 1.0% yeast culture of white distiller’s grains (group Ⅴ), respectively. The trial lasted for 42 days. The results showed as follows: 1) at 21 days of age, the average body weight of broilers in control group was the lowest, and tended to be significant lower than that in group Ⅲ (P<0.10). The ratio of feed to gain (F/G) of broilers in groups Ⅱ and Ⅳ was partially decreased during 22 to 42 days of age compared with control group (P<0.10), and the F/G of broilers in group Ⅱ was lower than that in control group during 1

*Corresponding authors: ZHANG Haijun, associate professor, E-mail: fowlfeed@163.com; WU Shugeng, professor, E-mail: wushugeng@caas.cn (责任编辑　田艳明)

chinaXiv:201812.00230v1

ChinaXiv合作期刊

to 42 days of age ($P>0.05$). 2) At 21 days of age, the abdominal fat percentage of broilers in group Ⅳ was significantly lower than that in the control group ($P<0.05$), while the abdominal fat percentage of broilers in group Ⅴ was numerically decreased at 21 and 42 days of age compared with control group ($P>0.05$). 3) No significant difference in serum total protein, albumin, uric acid, creatinine, calcium or phosphorus content of broilers was found when diet was supplemented with yeast culture of white distiller’s grains ($P>0.05$). 4) At 21 days of age, serum glutathione peroxidase (GSH-Px) activity in groups Ⅱ and Ⅳ was significantly increased compare with control group in which was the lowest ($P>0.05$). The serum superoxide dismutase activity of broilers in experimental groups was significantly increased compared with control group ($P<0.05$), and serum total antioxidant capacity (T-AOC) of broilers in groups Ⅱ and Ⅳ was significantly higher than that in control group ($P<0.05$). At 42 days of age, T-AOC in experimental groups was significantly increased compared with control group ($P<0.01$). Overall, dietary 0.5% to 1.0% yeast culture of white distiller’s grains can increase body weight gain, improve feed efficiency, decrease the abdominal fat percentage and increase the serum antioxidant ability of broilers.

Key words: energy; yeast culture of white distiller's grains; growth performance; carcass composition; antioxidant ability; broiler

chinaXiv:201812.00230v1